**جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هفتم، بهار ۱۴۰۰**

صص ۱۸۲- ۱۶۱

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69072.1026

**مقاله پژوهشی**

# تبیین مؤلفه‌های کلیدی افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر تهران در برابر زلزله با رویکرد تحلیل ساختاری (مطالعه موردی: منطقه ۱۰)[1]

**امین لطیفی - دانشجوی دکتری تخصصی شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران**

**کرامت‌اله زیاری[2] - استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران**

**سید مجید نادری - استادیار شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران**

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱/۱۶ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۲/۱۵**

## چکیده

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد تحلیل ساختاری به تبیین مؤلفه‌های افزایش تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ شهر تهران در برابر زلزله می‌پردازد. علت انتخاب این محدوده، تراکم جمعیتی بالا و بافت آسیب‌پذیر این منطقه از شهر تهران است. این پژوهش، تحقیقی میدانی با رویکرد توصیفی- تحلیلی بوده و به دنبال پاسخ به این سؤال است که عوامل کلیدی تبیین‌کننده مؤلفه‌های افزایش تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ شهر تهران در آینده با توجه به وضع موجود کدام‌اند؟ برای تدوین چارچوب نظری، ابتدا با استفاده از روش اسنادی، ادبیات موضوع بیان شده و سپس با تکیه بر تکنیک پویش محیطی، داده‌های تجربی مستخرج گردیده است. جامعه آماری این تحقیق شامل ۲۰ نفر از خبرگان و متخصصین شهری بوده و روش نمونه‌گیری، هدفمند است. در گام اول، بر پایه مرور متون نظری و ادبیات موضوع، ۴۱ متغیر به‌عنوان شاخص‌های اولیه اندازه‌گیری تاب‌آوری کالبدی استخراج و در گام بعدی نظرات خبرگان در مورد اثرات این متغیرها بر یکدیگر از طریق توزیع ۲۰ پرسشنامه جمع‌آوری شدند. درنهایت پاسخ‌ها با استفاده از روش تحلیل اثرات متقابل ساختاری در نرم‌افزار MicMac مورد تحلیل قرار گرفتند. در این تحلیل،

---

۱ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول تحت عنوان «آینده‌نگاری سناریومبنا به‌منظور تبیین مؤلفه‌های افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر تهران در مقابله با زلزله (نمونه موردی: منطقه ۱۰)»، به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب است.

۲ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۲۶۰۶۰۲ Email: zayyari@ut.ac.ir

میزان تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر و بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در برابر زلزله مشخص شد. نتایج حاکی از آن است که از بین ٤١ متغیر اولیه تأثیرگذار، ١١ عامل در تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله اثر کلیدی دارند. این متغیرها عبارت‌اند از: دسترسی به شبکه معابر اصلی، دسترسی به نهادهای امدادرسان، ضوابط فنی و الگوهای ساخت‌وساز، دسترسی به آتش‌نشانی، استحکام بناهای عمومی، توزیع خدمات، بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار، کاربری زمین، کلاس دانه‌بندی، حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی و نسبت راه به ساختمان در محدوده موردمطالعه. همچنین نتایج پژوهش نشان می‌دهد که روابط عوامل کلیدی، از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری زیادی برخوردارند.

**کلیدواژه‌ها:** تحلیل ساختاری، تاب‌آوری کالبدی، زلزله، منطقه ۱۰ تهران.

**۱- مقدمه**

شهرها به‌عنوان یک مکان تجمع برای جمعیت انسانی در معرض وقوع بلایای طبیعی هستند و وقوع یک مخاطره طبیعی همچون زلزله، وضعیت کنونی و آینده آن‌ها را با چالش‌های گوناگون مواجه می‌سازد. به‌بیان‌دیگر پاره‌ای از عوامل خارجی، که به‌طور مستقیم بر چرخه‌های طبیعی تأثیر می‌گذارند، احتمال تشدید آسیب‌پذیری شهرها را افزایش می‌دهند (مفیدی، ۱۳۹۸: ٩٦).

امروزه در جهان، تغییرات اساسی و چشمگیری در نگرش به مخاطرات طبیعی دیده می‌شود، به‌طوری‌که دیدگاه غالب از تمرکز صرف بر کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری در مقابل سوانح تغییر پیدا کرده است (آلدریچ و می‌یر[1]، ۲۰۱۵: ١٦). از زمان تصویب لایحه چارچوب هیوگو در سال ۲۰۰۵، مصوب کمیسیون استراتژی بین‌المللی کاهش بحران سازمان ملل متحد[2] هدف اصلی برنامه‌ریزی برای مخاطره و کاهش خطر بحران، علاوه بر کاهش آسیب‌پذیری به نحوی بارز به سمت تمرکز روی ایجاد تاب‌آوری در جوامع گرایش پیدا کرده است (مایونگا[3]، ۲۰۰۷: ۱۲). در این پارادایم جدید، تغییر نگاه از واکنش‌پذیری و تک عاملی (دولت‌محور) به بازدارندگی و مشارکت است. این پارادایم رویکرد چند رشته‌ای دارد و برنامه‌ریزی با جامعه را به برنامه‌ریزی برای جامعه ترجیح می‌دهد (نوریس و همکاران[4]، ۲۰۰۸: ۲۱). در دو دهه اخیر نیز تاب‌آوری، راهی برای تقویت جوامع با استفاده از ظرفیت‌های آن مطرح شده و تعریف‌ها، رویکردها، شاخص‌ها و مدل‌های سنجشی متفاوتی در مورد آن شکل گرفته است (رضایی و کاویان‌پور، ۱۳۹۵: ٦).

1 Aldrich & Meyer
2 United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR)
3 Mayunga
4 Norris et al

با نگاه به اسناد فرادست ازجمله طرح جامع طرح جدید تهران، پر واضح است اگرچه این طرح، سقف جمعیت‌پذیری شهر در سال ۱۴۰۵ را ۱۰٫۵ میلیون نفر تعیین کرده است، اما بر اساس سرانه‌های استاندارد کاربری اراضی شهری، ظرفیت جمعیت‌پذیری تهران حدوداً شش میلیون نفر است و توان پاسخ‌دهی محیطی بیش از این تعداد را ندارد (مهندسین مشاور بوم‌سازگان پایدار، ۱۳۸۵: ۱۰۷).

بنابراین ضروری است تا مجموعه بزرگی چون تهران بتواند ظرفیت‌هایی را به وجود آورد که در هنگام وقوع زلزله، ضمن داشتن تاب‌آوری، توان تحمل و بازگشت به شرایط عادی را داشته باشد. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی عوامل کلیدی تأثیرگذار، تأثیرپذیر و راهبردی در افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر تهران و تعیین میزان اهمیت و نقش هر یک از این عوامل در منطقه ۱۰ تهران در مواقع وقوع زلزله و بروز بحران با رویکردی آینده‌نگارانه است. ازاین‌رو پژوهش حاضر در راستای پاسخ به این سؤال اصلی انجام گرفته است: ۱) عوامل کلیدی تبیین‌کننده مؤلفه‌های افزایش تاب‌آوری کالبدی در منطقه ۱۰ شهر تهران کدم‌اند؟

مفهوم واژه تاب‌آوری[1] در واقع از واژه لاتین «Resilio» به معنای «به‌طور ناگهانی و یک‌باره عقب‌نشینی کردن (to jump back)» استخراج شده است؛ این کلمه را نخستین بار هولینگ[2] در سال ۱۹۷۳ در مطالعات اکولوژیکی بکار گرفت (داداش‌پور و عادلی، ۱۳۹٤: ۲). برخی از اقتصاددانان محیطی نیز، تاب‌آوری را به‌عنوان مفهوم کلیدی پایداری می‌دانند (کلین و همکاران[3]، ۲۰۰٤: ٤). همچنین تاب‌آوری، اشاره به سازگاری فرایندها به‌عنوان یک تغییر مستقل از سیستم دارد (رکن‌الدین افتخاری و صادقلو، ۱۳۹۷: ۳۰۹). تاب‌آوری باید به‌گونه‌ای باشد که پیش‌بینی بهینه و درستی در مورد توانایی جامعه برای بهبود پس از وقوع بحران ارائه دهد (فئوفیلوف و روماگنولی[4]، ۲۰۲۰: ۸). تاب‌آوری شهری با توجه به حوادث نیز بدین مفهوم است که جامعه شهری قادر به ایستادگی در برابر حوادث و مخاطرات شدید طبیعی بدون صدمه دیدن از تلفات مخرب و خسارات، یا از دست دادن قدرت تولید با کیفیت زندگی باشد درحالی‌که کمک زیادی از خارج از جامعه دریافت نکند (می‌لتی[5]، ۱۹۹۹: ۱۰).

چرخه تاب‌آوری شامل چهار مرحله است (الکساندر[6]، ۲۰۱۱: ٦):

۱. ارزیابی یا کاهش[7]: فعالیت‌هایی که برای حذف کردن یا کاهش آثار بحران ناشی از زلزله انجام می‌شود.

۲. آمادگی[8]: فعالیت‌هایی که همراه با آماده‌سازی مردم برای واکنش مناسب در مواقع ضروری انجام می‌گیرد.

1 Resilience
2 Holling
3 Klein et al
4 Feofilovs & Romagnoli
5 Mileti
6 Alexander
7 Mitigation
8 Preparedness

۳. پاسخگویی یا واکنش[1]: فعالیت‌هایی که هنگام حادثه یا بی‌درنگ پس از آن برای فراهم کردن کمک‌های ضروری به آسیب‌دیدگان و کاهش احتمال حوادث ثانویه و تسریع در عملیات بازیابی انجام می‌شود.

٤. بازیابی[2]: این مرحله شامل برنامه کمک‌های فردی و جمعی است که مسکن موقت و انواع وام‌ها را برای افراد به‌منظور سرعت بخشیدن در بازیابی جوامع فراهم می‌کند.

تاب‌آوری در ابعاد گوناگون به بررسی بروز بحران می‌پردازد (رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۵: ٦). درجه تاب‌آوری جوامع نمی‌تواند به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شود و نیاز به ساخت شاخص‌های تاب‌آوری است (بنه و همکاران[3]، ۲۰۱٤: ۱۹). مرحله مهم در ایجاد شاخص‌ها، شناسایی متغیرهای متناسب و بیانگر عوامل است. این پژوهش بر اساس مبانی نظری و تجربی تاب‌آوری در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) در ارتباط با انتخاب شاخص‌های مناسب جهت تبیین مؤلفه‌های افزایش تاب‌آوری، در ابتدا از ابعاد چهارگانه اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی بهره برده و سپس شاخص‌های بعد کالبدی را ملاک عمل و مورد تحلیل قرار می‌دهد.

**جدول ۱- ابعاد تاب‌آوری**

| ابعاد | تعاریف نظری |
|---|---|
| اجتماعی | این بعد ظرفیت گروه‌های اجتماعی و جوامع در بازیابی خود پس از وقوع بحران را می‌سنجد. |
| اقتصادی | در این بعد، نیاز سیستم اقتصادی به پشتیبان برای حفظ پایداری و تعادل بعد از وقوع بحران سنجیده می‌شود. |
| نهادی | این بعد حاوی ویژگی‌های مرتبط با تقلیل خطر، برنامه‌ریزی و تجربه سوانح قبلی است. |
| کالبدی | در بعد کالبدی به اصولی برای طراحی کالبد قبل از وقوع بحران و مخاطره پرداخته می‌شود. |

منبع: Cutter & et.al, 2015

در بافت‌های ناکارآمد شهری، عناصر متشکله اعم از تأسیسات روبنایی و زیربنایی، ابنیه و مستحدثات ناکارآمد شده و ساکنان این نوع بافت‌ها از مشکلات متعدد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و کالبدی رنج می‌برند (صداقت رستمی و همکاران، ۱۳۹۰: ۹). بر اساس مطالعات صورت گرفته، قریب به نیمی از مساحت منطقه ۱۰ تهران به‌عنوان بافت فرسوده و ناکارآمد شناسایی شده است (علیزاده، ۱۳۹٦: ۹٤).

رویکرد پژوهش حاضر، تحلیل ساختاری است که به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای نظم بخشیدن به تعداد زیادی از ایده کاربرد دارد. این تحلیل با استفاده از ماتریسی که مؤلفه‌های اصلی یک سیستم را با یکدیگر ترکیب می‌کند، آن را توصیف می‌کند. با استفاده از این روش می‌توان آن دسته از متغیرهای اصلی یک سیستم که بیشترین تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بر دیگر متغیرها را دارند، شناسایی کرد. تحلیل اثرات متقابل یکی از روش‌های تحلیل ساختاری است که

1 Response
2 Recovery
3 Bene et al

به‌عنوان مکمل روش‌هایی چون دلفی در آینده‌نگاری و آینده‌پژوهی به کار می‌رود. در این روش تلاش می‌شود تا تأثیر یا احتمال تأثیر یک رویداد بر رویدادی دیگر پیش‌نگری شود (گوردون و همکاران[1]، ۲۰۱۹: ۸). این روش در گروه روش‌های نیمه کمی و اکتشافی قرار دارد که بیشتر بر تعامل و شواهد متکی است (مولایی، ۱۳۹۳: ٤). در روش تحلیل ساختاری (اثرات متقابل) از ابزارهایی چون جداول متقابل برای استنتاج نظام‌مند روابط متقابل میان متغیرهای مختلف استفاده می‌شود تا درکی از تحولات احتمالی آینده به دست آید که ناشی از تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم یک رویداد یا متغیر بر رویداد یا متغیری دیگر است. از روش‌های تأثیرات متقابل معمولاً در تحلیل‌هایی استفاده می‌شود که پیچیده‌تر از آن هستند که قابلیت تحلیل سیستمی خالص و قانع‌کننده را داشته باشند. به‌طورمعمول، انجام تحلیل ساختاری مستلزم حضور مجموعه‌ای از کارشناسان و متخصصین یک حوزه است. در این راستا با بررسی مفاهیم و نتایج حاصل از ادبیات تحقیق در ارتباط با موضوع موردمطالعه، پژوهش به سمت تعیین یک چارچوب مفهومی و نظری منسجم هدایت می‌شود (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۰).

در ادامه به برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در داخل و خارج از کشور، مرتبط به موضوع پژوهش پرداخته می‌شود.

شاهیوندی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک و بهره گرفتن از تکنیک دلفی، نتیجه گرفتند که شاخص‌های «قیمت زمین»، «مالکیت»، «ارتفاع» و «پراکنش کاربری‌ها» بیشترین تأثیر را در آینده تاب‌آوری مسکن در منطقه ۸ شهرداری اصفهان داشته است. سلطانی‌اصل و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از روش تحلیل ساختاری و پویش محیطی، عوامل کلیدی مؤثر بر وضعیت آینده تاب‌آوری شهرک میان‌آباد اسلامشهر را موردبررسی و تبیین قرار دادند. پورمحمدی و همکاران (۱۳۹۸)، در مقاله‌ای به تبیین ابعاد اجتماعی-اقتصادی تاب‌آوری شهری در برابر زلزله در منطقه ٤ شهر تبریز پرداختند. محمدی و پاشازاده (۱۳۹٦)، در پژوهشی به سنجش میزان تاب‌آوری شهر اردبیل در برابر خطر وقوع زلزله پرداختند و نشان دادند که شهر اردبیل در وضعیت تاب‌آوری نامطلوبی قرار دارد.

در پژوهش‌های خارجی، گونچالوز و ریبیرو[2] (۲۰۲۰)، در تحقیق خود به ارائه نقشه‌برداری از تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی پرداختند. دیوید کارن و کاترینا راس[3] (۲۰۱۹) در پژوهشی نشان دادند که عدم تحقیق پیرامون پتانسیل فضاهای باز برای تاب‌آوری در برابر زلزله، یک چالش بزرگ در مسیر ارزیابی کمی مخاطرات طبیعی در شهرها است. ژیائولینگ ژان و هوآن لی[4] (۲۰۱۸) در تحقیق خود به تشریح تفاوت‌های بین تاب‌آوری شهری و پایداری شهری پرداختند. از دیدگاه آن‌ها مخاطرات و تحولات پس از آن، لحظه‌ای از چرخه

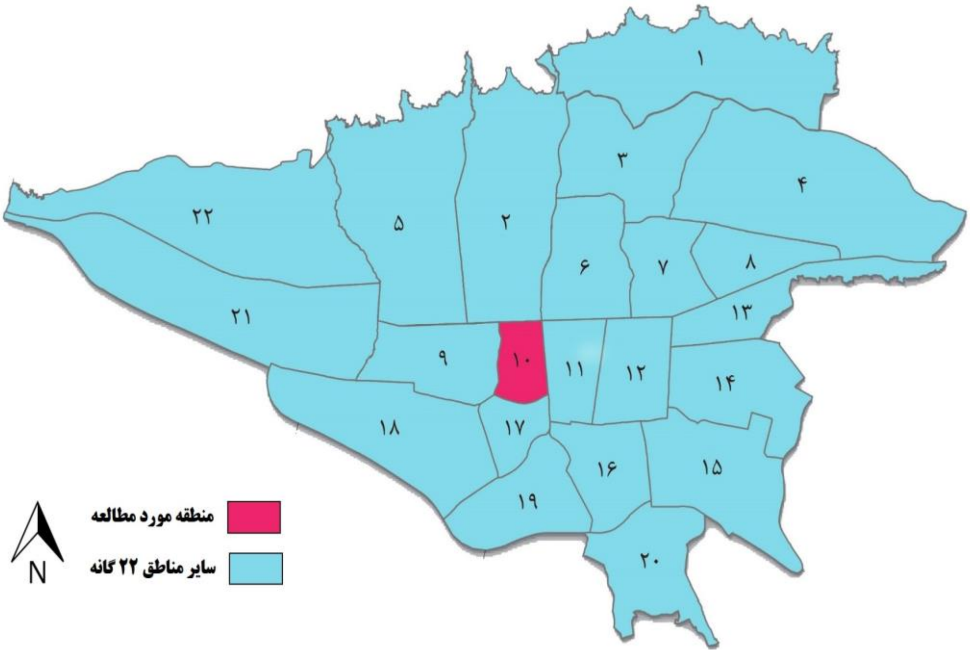
1 Gordon et al
2 Gonçalves & Ribeiro
3 David Koren & Katarina Rus
4 Xiaoling Zhang & Huan Li

حیات شهری است که در بستر یک چارچوب پیچیده پایدار قرار می‌گیرد. یوشیهیرو کانو[1] و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعه تحقیقی خود با استفاده از روش کیفی و بر اساس تئوری شکاف اطلاعاتی، به بررسی تاب‌آوری لرزه‌ای سازه‌ها در محیط‌های شهری پرداختند و نتیجه گرفتند به دلیل وجود عدم قطعیت‌های فراوان در هنگام وقوع مخاطرات طبیعی همچون زلزله، اقدامات از پیش برنامه‌ریزی شده در حوزه تاب‌آوری از مهم‌ترین ملزومات اجتناب‌ناپذیر در مواقع بروز بحران است.

**۲- معرفی نمونه موردمطالعه**

منطقه ۱۰ شهرداری تهران با بیش از ۸۰ سال سابقه شکل‌گیری، در بخش غربی شهر تهران قرار دارد و با مناطق ۱۷، ۱۱، ۹ و ۲ هم‌مرز است. این منطقه از شمال به خیابان آزادی واقع در جنوب منطقه ۲، از شرق به بزرگراه شهید نواب صفوی واقع در غرب منطقه ۱۱، از جنوب به خیابان قزوین واقع در شمال منطقه ۱۷ و از غرب به بزرگراه یادگار امام (ره) واقع در شرق منطقه ۹، محدود می‌شود (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۰). منطقه ۱۰ تهران دارای ۳ ناحیه شهری و ۱۰ محله قدیمی است که شاخص‌ترین آن‌ها محلات سلسبیل و بریانک هستند. این منطقه پرجمعیت‌ترین منطقه تهران است. مساحت منطقه معادل ۸،۱۸۵،٤۸۷ مترمربع است و در حدود ۳۲۷ هزار نفر (بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵) را در خود جای داده است که با تراکم ٤۲۰ نفر در هکتار جزء پرتراکم‌ترین مناطق شهر تهران است. بافت فشرده با قطعات کوچک، سطح قابل‌ملاحظه‌ای از منطقه را به زیر اشغال برده است. چشم‌انداز منطقه در طرح‌های جامع شهر تهران بر اساس امکانات، قابلیت‌ها و محدودیت‌های درونی و بیرونی منطقه در گستره شهر تهران تدوین شده است. به‌عنوان‌مثال در طرح جامع تهران (مصوب ١٣٨٦)، در چشم‌انداز توسعه بلندمدت شهر هماهنگ با چشم‌انداز بیست‌ساله کشور، تهران شهری امن و ایمن در برابر انواع آسیب‌ها و مقاوم در برابر مخاطرات و سوانح معرفی شده است. در چشم‌انداز منطقه ۱۰ نیز، این منطقه، محدوده‌ای پیشگام در اجرای برنامه‌های بهسازی و نوسازی شهری و مقاوم‌سازی ساختمان، در نظر گرفته شده است (ساسان‌پور و همکاران، ١٣٩٤: ٦).

1 Yoshihiro Kanno, Shinnosuke Fujita & Yakov Ben-Haim




**نقشه ۱- موقعیت منطقه ۱۰ نسبت به سایر مناطق شهر تهران**

منبع: طرح جامع تهران (مصوب ١٣٨٦)

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

روش تحلیل ساختاری، روشی است که برای تحلیل روابط بین متغیرها خصوصاً در سیستم‌های گسترده و دارای ابعاد متعدد به‌کار می‌رود. پتانسیل این روش در استفاده از داده‌های کیفی در کنار داده‌های کمی، سبب شده که این روش تبدیل به یکی از روش‌های پرکاربرد در آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری شود. در این روش متغیرهای مؤثر بر سیستم در یک ماتریس $n*n$ و بر اساس نظرات گروه کارشناسان در قالب اعداد صفر تا سه ارزش‌گذاری می‌شوند. این ماتریس مبنای تحلیل‌های بعدی را تشکیل داده و خروجی‌های متعددی از این روابط به‌دست می‌آید. درنهایت متغیرها بر اساس تأثیرگذاری و تأثیرپذیری در یک محور مختصات پراکنده می‌شوند. بر اساس پراکنش متغیرها در محور مختصات، ویژگی‌های آن‌ها مشخص شده و مبنای تحلیل برنامه‌ریزان، در مراحل بعدی برنامه‌ریزی قرار می‌گیرد. نرم‌افزار MicMac ازجمله بهترین نرم‌افزارهایی است که به‌منظور پیاده‌سازی تحلیل ساختاری طراحی شده و توسعه یافته است. خروجی‌های این نرم‌افزار به‌صورت جداول و نمودارهای متنوع، می‌توانند کمک بسزایی به درک ابعاد و روابط سیستم و چگونگی عمل سیستم در آینده داشته باشند. این روش رویکردی تحلیلی برای بررسی تأثیر وقوع یک رویداد در یک مجموعه آینده‌نگاری است (گوردون و پیاس[1]، ٢٠٠٦: ٦).

1 Gordon & Pease

در پژوهش حاضر که بر اساس ماهیت از نوع ترکیبی (کمی و کیفی) با رویکرد توصیفی- تحلیلی و بر اساس هدف از نوع کاربردی است، از روش‌های تحلیل ساختاری و پویش محیطی جهت تبیین مؤلفه‌های کلیدی افزایش تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ شهر تهران در برابر زلزله بهره گرفته شده است. به‌این‌ترتیب که برای تدوین داده‌های نظری ابتدا از روش اسنادی و سپس در بخش اصلی پژوهش به‌منظور تهیه داده‌های تجربی بر مبنای دلفی، از روش پیمایشی استفاده شده است. انتخاب تیم خبرگان، با روش نمونه‌گیری هدفمند بوده است. در روش پویش محیطی، گروهی از خبرگان با تجزیه‌وتحلیل برخی منابع مستند و تعیین طبقه‌بندی و پردازش اسناد مربوط، روندها را موردبررسی قرار می‌دهند. در این پژوهش نیز جهت بهره‌مندی از روش پویش محیطی از تشکیل گروهی از کارشناسان (خبرگان) استفاده شده است. در این روش پژوهشگر در زمینه موضوع موردمطالعه پرسشنامه‌ای طرح کرده و آن را در اختیار کارشناسان متخصص در همان زمینه قرار می‌دهد و کارشناسان تصویر خود را از آینده مطلوب در زمینه مورد نظر بیان می‌کنند و با استفاده از دانش و تجربه خود نسبت به احتمال وقوع و چگونگی تأثیرشان و میزان اثربخشی‌شان قضاوت می‌کنند. ازآنجاکه تعداد خبرگان شرکت‌کننده در دلفی عموماً بین ١٤ تا ۲۰ نفر تعیین شده، ازاین‌رو جهت تبیین عوامل کلیدی و متغیرهای دخیل در افزایش تاب‌آوری کالبدی در محدوده موردمطالعه، از تعداد ۲۰ نفر از خبرگان در این زمینه که تمام آن‌ها از متخصصین دانشگاهی و پژوهشی در حوزه برنامه‌ریزی و طراحی شهری بوده‌اند در قالب پرسشنامه نظرسنجی شده است. معیارهای انتخاب خبرگان شامل تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش و دسترسی به آنان بوده و در تعیین تعداد خبرگان، کسب اطمینان از جامعیت دیدگاه‌ها ملاک عمل قرار گرفته است. در نتیجه پایش متغیرها، ٤١ متغیر (شاخص) در بعد تاب‌آوری کالبدی شناسایی شدند. با استفاده از روش تحلیل ساختاری و نرم‌افزار MicMac، متغیرهای تأثیرگذار بر افزایش تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ شهر تهران در برابر زلزله عبارت‌اند از: ۱) دسترسی به مراکز درمانی (بیمارستان، اورژانس، داروخانه)، ۲) دسترسی به مراکز آموزشی (مدارس، مهدکودک، دانشگاه)، ۳) دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکز مدیریت بحران و...)، ٤) دسترسی به آتش‌نشانی، ۵) دسترسی به سرویس‌های حمل‌ونقل عمومی، ٦) دسترسی به پارک و فضای سبز عمومی، ۷) دسترسی به شبکه معابر اصلی، ۸) استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، ۹) کیفیت آب آشامیدنی و سیستم آب‌رسانی، ۱۰) ایمنی خطوط برق‌رسانی، ۱۱) کیفیت تأسیسات برقی، ۱۲) کیفیت خطوط مخابرات (تلفن منازل)، ۱۳) کیفیت خطوط گازرسانی، ١٤) توزیع خدمات، ۱۵) اتصال فاضلاب اماکن به شبکه سراسری جمع‌آوری فاضلاب، ١٦) کیفیت سیستم جمع‌آوری و دفع زباله، ۱۷) حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاوم‌سازی تا بازسازی)، ۱۸) تراکم جمعیت (تراکم پایین)، ۱۹) تراکم ساختمانی (تراکم پایین)، ۲۰) نسبت راه به ساختمان در محدوده موردمطالعه، ۲۱) نوع بافت شبکه حمل‌ونقل، ۲۲) عرض معابر، ۲۳) تعداد و ظرفیت پناهگاه‌ها، ٢٤) کاربری‌های حساس (جایگاه‌های سوخت، صنایع و...)، ۲۵)

ابنیه و سایت‌های تاریخی و فرهنگی، ٢٦) درصد جمعیت دارای اتصال به اینترنت، ٢٧) تعداد و سطح پوشش بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های محدوده، ٢٨) نوع سازه، ٢٩) کیفیت ابنیه، ٣٠) قدمت ابنیه، ٣١) مالکیت ساختمان، ٣٢) مصالح ساختمانی، ٣٣) قابلیت نفوذپذیری، ٣٤) شعاع دسترسی به فضاهای باز، ٣٥) کاربری زمین (تعدد واحدهای مسکونی)، ٣٦) کلاس دانه‌بندی، ٣٧) ویژگی‌های جغرافیایی (شیب، خصوصیات ژئوتکنیک)، ٣٨) ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز، ٣٩) بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار، ٤٠) تأمین انرژی، ٤١) درصد جمعیتی که دارای منبع تغذیه الکتریکی و منبع آب (در صورت قطع برق و آب) هستند.

**٤- نتایج و بحث**

تحلیل کلی محیط سیستم: جدول شماره (٢)، برآیند اثرات متقابل ٤١ عامل کلیدی مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ١٠ تهران در مقابله با زلزله را بر اساس تشکیل ماتریس ٤١*٤١ در بُعد کالبدی نشان می‌دهد. نتایج این جدول بیانگر تعداد تکرار ٢ بار و درجه پرشدگی ٧٨,٢٩ درصد است که نشان می‌دهد عوامل انتخاب شده تأثیر زیاد و پراکنده‌ای بر همدیگر داشته‌اند و در واقع سیستم از وضعیت ناپایداری برخوردار بوده است. همان‌گونه که در جدول (٢) آمده است، از مجموع ١٣١٦ متغیر قابل ارزیابی در این ماتریس، ٣٦٥ رابطه، عدد صفر بوده که به این معنی است عوامل بر همدیگر تأثیر نداشته یا از همدیگر تأثیر نپذیرفته‌اند. ٦٧٢ رابطه با مقدار یک دارای تأثیر ضعیف نسبت به هم و ٣٧٨ رابطه با عدد ٢ دارای روابط اثرگذاری نسبتاً قوی است. به‌علاوه، ٢٦٦ رابطه عدد ٣ دارد و این به معنای آن است که روابط پیشران‌های کلیدی بسیار زیاد بوده و از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری زیادی برخوردارند.

**جدول ٢- تحلیل اولیه داده‌های ماتریس و تأثیرات متقابل**

| شاخص | ابعاد ماتریس | تعداد تکرار | تعداد صفر | تعداد یک | تعداد دو | تعداد سه | مجموع | درجه پرشدگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار | ٤١ | ٢ | ٣٦٥ | ٦٧٢ | ٣٧٨ | ٢٦٦ | ١٣١٦ | ٧٨,٢٩ درصد |

منبع: یافته‌های تحقیق، ١٣٩٩

ماتریس پژوهش حاضر بر اساس شاخص‌های آماری با ٢ بار چرخش داده‌ای از مطلوبیت و بهینه‌شدگی ٩٩ درصد برخوردار بوده که حاکی از روایی بالای پرسشنامه و پاسخ‌های آن است (جدول ٣).

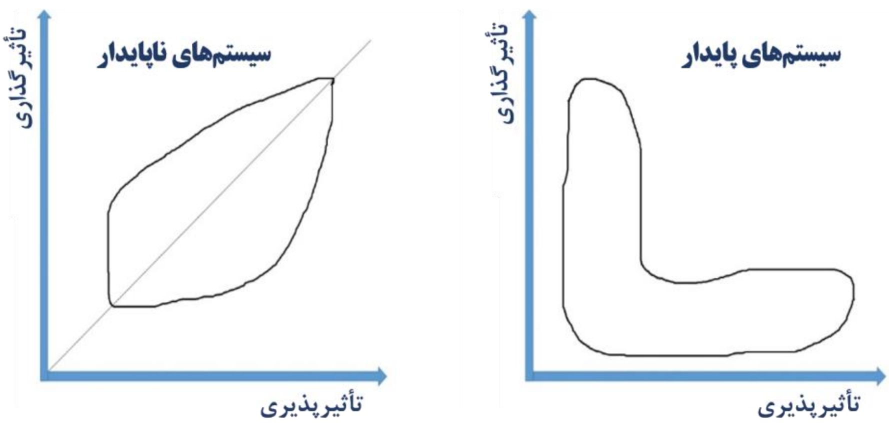
**جدول ٣- درجه مطلوبیت و بهینه‌شدگی ماتریس**

| چرخش | تأثیرگذاری | تأثیرپذیری |
|---|---|---|
| ١ | ١٠٠٪ | ١٠٠٪ |
| ٢ | ٩٩٪ | ١٠١٪ |

منبع: یافته‌های تحقیق، ١٣٩٩

**٤-١- تحلیل متغیرها در پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل کلیدی**

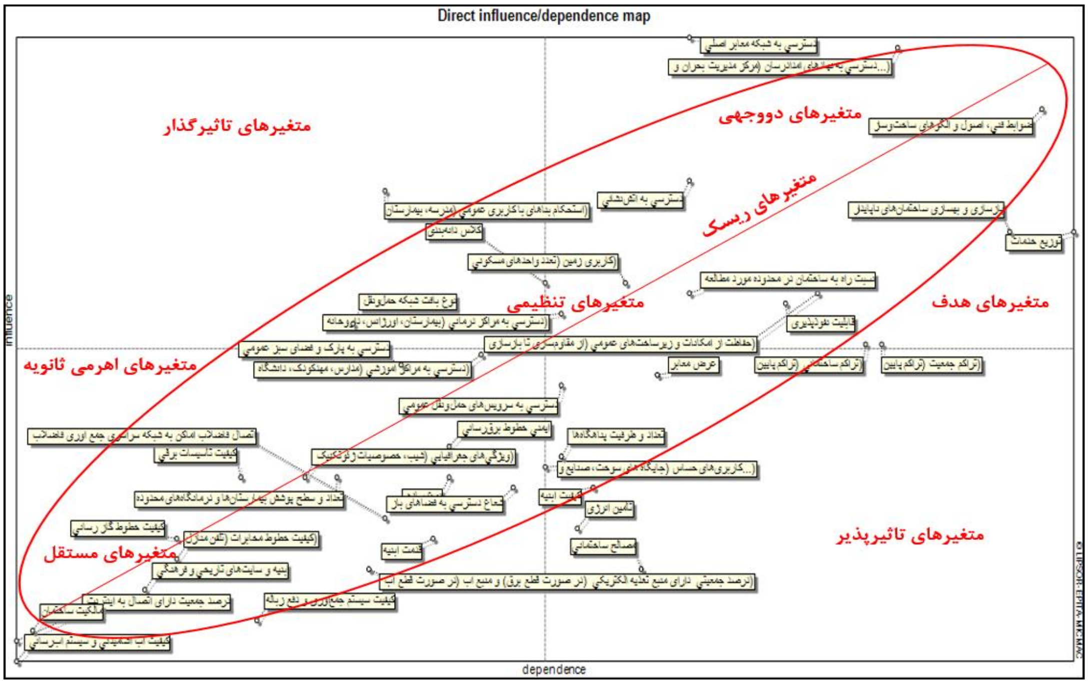
نحوه توزیع و پراکنش متغیرهای مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله در صفحه پراکندگی، حاکی از میزان پایداری و ناپایداری سیستم است. در روش تحلیل اثرات متقابل با نرم‌افزار میک‌مک، در مجموع دو نوع از پراکنش تعریف شده است که به نام‌های سیستم‌های پایدار و سیستم‌های ناپایدار معروف هستند. در سیستم‌های پایدار پراکنش متغیرها به‌صورت L انگلیسی است. در این مدل یعنی برخی متغیرها دارای تأثیرگذاری بالا و برخی دارای تأثیرپذیری بالا هستند؛ اما در سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تر است؛ در این سیستم نیروهای توسعه پیرامون محور قطری صفحه پراکنده هستند و در بیشتر مواقع حالت بینابین از اثرگذاری و اثرپذیری دارد که شناسایی پیشران‌های کلیدی را دشوار می‌سازد (شکل ۱).




**شکل ۱- نمای شماتیک سیستم پایدار و ناپایدار**

منبع: نعیمی و پورمحمدی، ١٣٩٤

شکل (۲)، الگوی پراکندگی متغیرهای مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله را نشان می‌دهد. شیوه پراکندگی عوامل (متغیرها) به‌صورت پراکنش لوزی بوده و به‌طورکلی بیانگر وضعیت یک سیستم ناپایدار است. نحوه توزیع و پراکنش متغیرها در صفحه پراکندگی این سیستم، حاکی از آن است که اکثر متغیرها حول محور قطری و در محدوده متغیرهای مستقل هستند.




**شکل ۲- وضعیت پایداری/ ناپایداری سیستم در الگوی پراکندگی متغیرهای مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران**

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹

**٤-۲- دسته‌بندی متغیرهای مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در برابر زلزله**

**متغیرهای تعیین‌کننده یا تأثیرگذار**: این متغیرها به‌عنوان متغیرهای ورودی، اصلی‌ترین متغیرهای تأثیرگذارند که میزان تأثیرپذیری آن‌ها به نسبت تأثیرگذاری‌شان بسیار کمتر است. آن‌ها در ناحیه شمال غرب صفحه پراکندگی قرار دارند و پایداری سیستم نیز به‌شدت به آن‌ها وابسته است. این متغیرها به‌عنوان متغیرهای کلیدی و تعیین‌کننده رفتار سیستم محسوب می‌شوند. ازآنجایی‌که الگوی پراکندگی متغیرهای مؤثر بر آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله حاکی از ناپایداری سیستم است، بنابراین وجود عوامل تأثیرگذار با درجه بالا در این ناحیه بعید به نظر می‌رسد چراکه وجود متغیرها در این ناحیه حکایت از پایداری سیستم‌ها دارد. در پژوهش حاضر تعداد ۲ متغیر در این قسمت قرار دارند که شامل: استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان) و نوع بافت شبکه حمل‌ونقل می‌باشند (جدول ٤). عوامل فوق بیشترین تأثیرگذاری و کمترین تأثیرپذیری را دارند و به‌عنوان بحرانی‌ترین عوامل، وضعیت کلان و تغییرات سیستم به عملکرد آن وابسته است. عوامل تأثیرگذار ورودی سیستم محسوب می‌شوند و توسط سیستم قابل‌کنترل نیستند؛ زیرا خارج از سیستم قرار دارند و به‌صورت عوامل با ثبات عمل می‌کنند.

**متغیرهای دو وجهی**: این متغیرها از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بالـا برخـوردار هسـتند و هـر عملـی بـر روی ایـن متغیرها واکنش سایر متغیرها را سبب می‌شود. از مجموع ٤١ عامل اولیه تأثیرگذار بـر رونـد آینـده تـاب‌آوری کالبـدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله، تعداد ١٦ متغیر در گروه‌های قابلیت دسترسی، استانداردها و ضوابط شـهری، کیفیـت زیرساخت‌های شهری، عملکردی، تراکم‌ها، شبکه حمل‌ونقل و ارتباطات، بافت و مورفولوژی شهری جـزء متغیرهـای دو وجهی محسوب مـی‌شـوند (جـدول ٤). هرگونـه تغییـر و تحـول در ایـن عوامـل مـی‌توانـد پایـداری سیسـتم را تحت‌الشعاع قرار دهد. این متغیرها را می‌توان به دو دسته متغیرهای ریسک و متغیرهای هدف تقسیم‌بندی نمود.

متغیرهای ریسک: این متغیرها چنان که در شکل (٢) نشان داده شـده اسـت در بالـای خـط قطـری ناحیـه شـمال شرقی شکل قرار گرفته‌اند و ظرفیت بسیار زیادی را برای تبدیل شدن به بازیگران کلیـدی سیسـتم دارنـد. در پـژوهش حاضر، متغیری در ناحیه ریسک قرار نگرفته است.

متغیرهای هدف: این متغیرها زیر ناحیه قطری شمال شرقی صفحه قـرار مـی‌گیرنـد، ایـن متغیرهـا در واقـع نتـایج تکاملی سیستم و نمایانگر اهداف ممکن در یک سیستم هستند. در این پژوهش متغیـری در ایـن بخـش قـرار نگرفتـه است.

**متغیرهای تأثیرپذیر یا نتیجه:** جایگاه این متغیرها در نمودار، جنوب شرقی پلـان تأثیرگـذاری- تأثیرپـذیری اسـت. این متغیرها دارای تأثیرگذاری بسیار پایین و تأثیرپذیری بسـیار بالـا هسـتند. در ایـن پـژوهش تعـداد ٦ متغیـر در ایـن قسمت قرار دارند که شامل: عرض معـابر، دسترسـی بـه سـرویس‌های حمل‌ونقـل عمـومی، کـاربری‌هـای حسـاس (جایگاه‌های سوخت، صنایع و...)، تعـداد و ظرفیـت پناهگاه‌هـا، کیفیـت ابنیـه و مصـالح سـاختمانی و تـأمین انـرژی می‌باشند (جدول ٤).

**متغیرهای مستقل**: این متغیرها دارای میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پایینی هسـتند کـه در قسـمت جنـوب غربـی صفحه پراکندگی متغیرها قرار گرفته‌اند. این متغیرهـا هیچ‌گونـه واکنشـی در دیگـر متغیرهـا ایجـاد نمـی‌کننـد. در ایـن پژوهش تعداد ۱۸ متغیر در گروه‌های قابلیت دسترسـی، کیفیـت زیرسـاخت‌های شـهری، مشخصـات ابنیـه، بافـت و مورفولوژی شهری، زیرساخت‌های سلامت و بهداشت، مکان‌های حیاتی، تـأمین انـرژی و زیرسـاخت‌های فنـاوری و اطلاعات جزء متغیرهای مستقل محسوب می‌شوند (جدول ٤).

در این دسته نیز باید به دو دسته از متغیرها توجه نمود:

متغیرهای اهرمی ثانویه: این متغیرها با وجود اینکه کاملاً مستقل هستند، بیش از آنکه تأثیرپـذیر باشـند، تأثیرگذارنـد. آن‌ها در قسمت جنوب غربی نمودار و بالای خط قطری قرار دارنـد و مـی‌تواننـد بـه‌عنوان نقـاطی جهـت سـنجش و به‌عنوان معیار، به کار روند. متغیری در این ناحیه قرار نگرفته است.

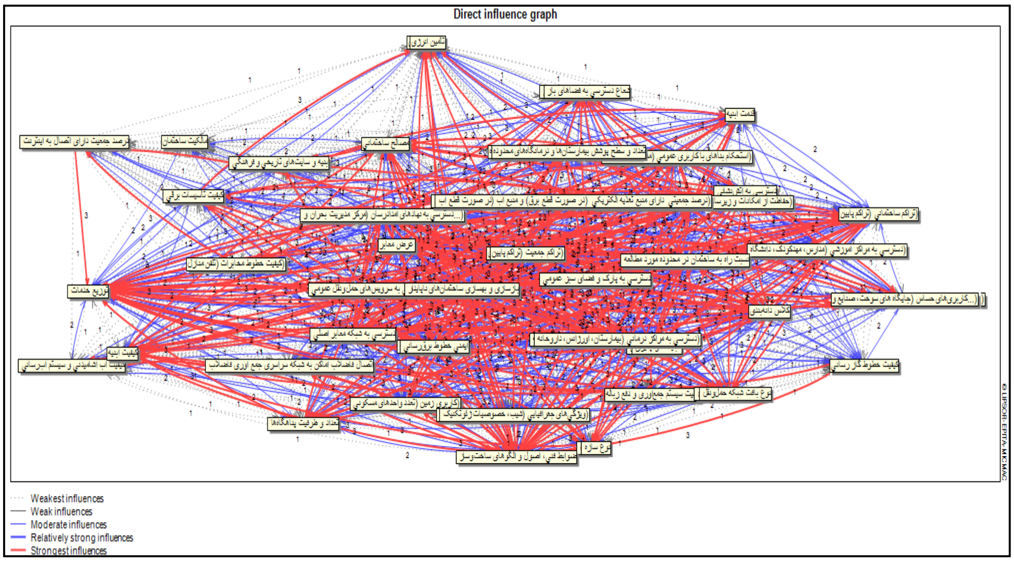
متغیرهای تنظیم‌کننده: این متغیرها در نزدیکی مرکز ثقل نمودار قرار دارنـد. آن‌هـا مـی‌تواننـد به‌صـورت پـی‌درپـی به‌عنوان «اهرمی ثانویه»، «اهداف ضعیف» و «متغیرهای ریسک ثانویـه» عمـل نماینـد. در پـژوهش پـیش رو، دو متغیـر دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکـز مـدیریت بحـران و...) و دسترسـی بـه مراکـز درمـانی (بیمارسـتان، اورژانـس، داروخانه) در این ناحیه قرار گرفته‌اند.

**جدول ٤- تحلیل اولیه داده‌های ماتریس و تأثیرات متقابل**

| نوع متغیرها | متغیرها |
|---|---|
| تأثیرگذار | استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، نوع بافت شبکه حمل‌ونقل |
| دووجهی | دسترسی به شبکه معابر اصلی، دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکز مدیریت بحران و...)، دسترسی به مراکز درمانی (بیمارستان، اورژانس، داروخانه)، دسترسی به آتش‌نشانی، ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز، بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار، توزیع خدمات، حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاوم‌سازی تا بازسازی)، استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، قابلیت نفوذپذیری، تراکم جمعیت (تراکم پایین)، تراکم ساختمانی (تراکم پایین)، نسبت راه به ساختمان در محدوده موردمطالعه، کلاس دانه‌بندی، کاربری زمین (تعدد واحدهای مسکونی) |
| تأثیرپذیر | عرض معابر، دسترسی به سرویس‌های حمل‌ونقل عمومی، کاربری‌های حساس (جایگاه‌های سوخت، صنایع و...)، تعداد و ظرفیت پناهگاه‌ها، کیفیت ابنیه و مصالح ساختمانی، تأمین انرژی |
| مستقل | دسترسی به پارک و فضای سبز عمومی، دسترسی به مراکز آموزشی (مدارس، مهدکودک، دانشگاه)، ایمنی خطوط برق‌رسانی، اتصال فاضلاب اماکن به شبکه سراسری جمع‌آوری فاضلاب، کیفیت تأسیسات برقی، کیفیت خطوط مخابرات (تلفن منازل)، کیفیت خطوط گازرسانی، کیفیت سیستم جمع‌آوری و دفع زباله، کیفیت آب آشامیدنی و سیستم آب‌رسانی، قدمت ابنیه، نوع سازه، مالکیت ساختمان، شعاع دسترسی به فضاهای باز، ویژگی‌های جغرافیایی (شیب، خصوصیات ژئوتکنیک)، تعداد و سطح پوشش بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های محدوده، ابنیه و سایت‌های تاریخی و فرهنگی، درصد جمعیتی که دارای منبع تغذیه الکتریکی و منبع آب (در صورت قطع برق و آب) هستند، درصد جمعیت دارای اتصال به اینترنت |
| تنظیم‌کننده | دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکز مدیریت بحران و...)، دسترسی به مراکز درمانی (بیمارستان، اورژانس و...) |
| ریسک | - |
| هدف | - |
| اهرمی ثانویه | - |

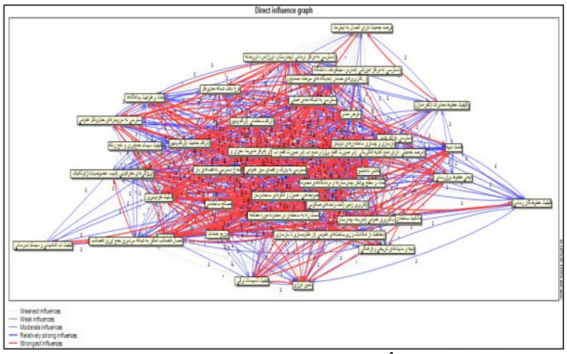
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹

در ادامه، بعد از تعیین جایگاه‌هـای متغیـرهـا در نمـودار تأثیرگـذاری- تأثیرپـذیری و همچنـین تعیـین پایـداری و ناپایداری سیستم و انواع متغیرها، تأثیرات مستقیم متغیرها بر همدیگر نشان داده می‌شود.




**شکل ۳- تأثیرات مستقیم متغیرها بر یکدیگر (تأثیرات بسیار ضعیف تا بسیار قوی)**

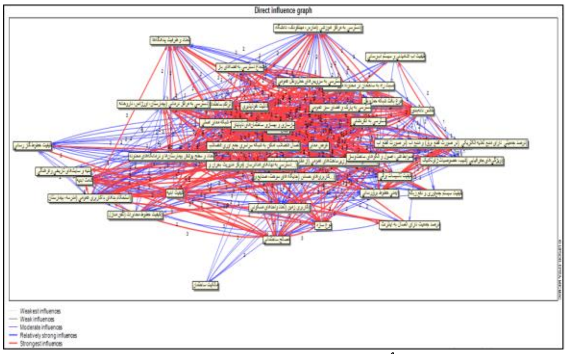
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ٤- تأثیرات مستقیم متغیرها بر یکدیگر**

**(تأثیرات ضعیف تا بسیار قوی)**

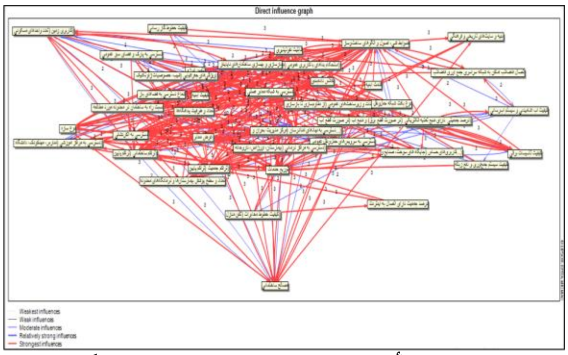
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ۵- تأثیرات مستقیم متغیرها بر یکدیگر**

**(تأثیرات میانه یا متوسط- نسبتاً ضعیف تا نسبتاً قوی)**

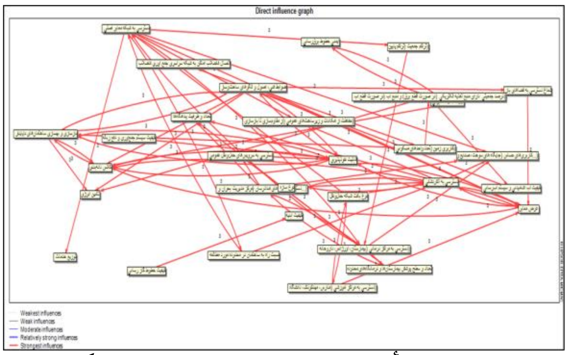
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ٦- تأثیرات مستقیم متغیرها بر یکدیگر**

**(تأثیرات قوی تا بسیار قوی)**

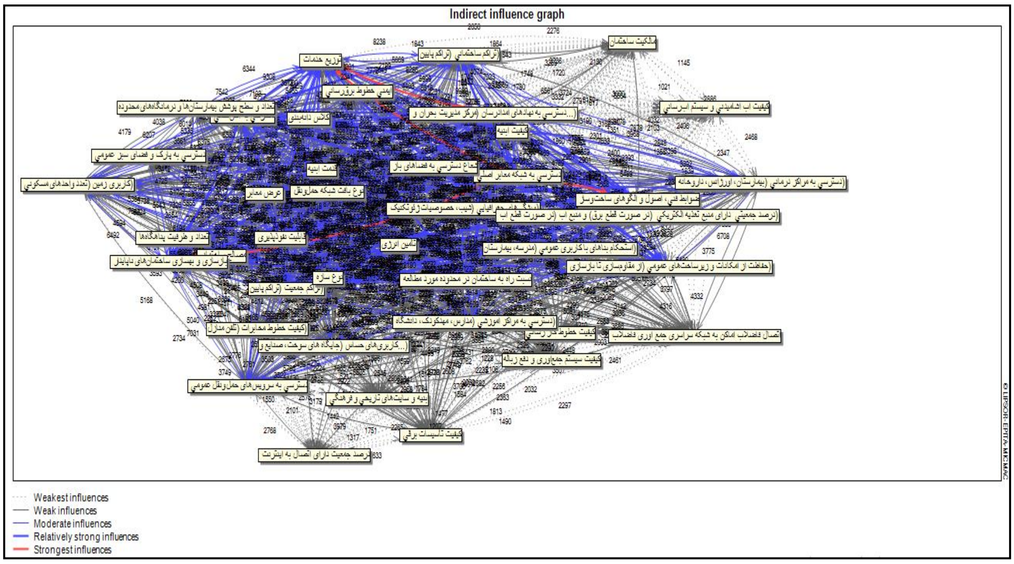
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ۷- تأثیرات مستقیم متغیرها بر یکدیگر**

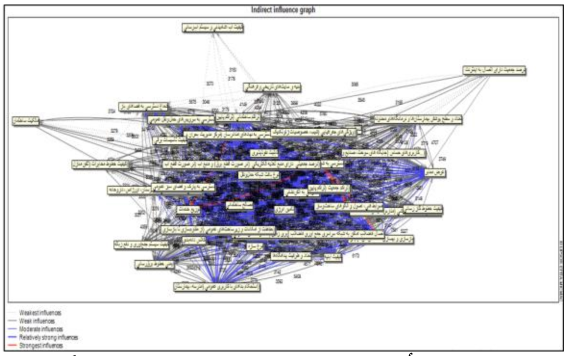
**(تأثیرات بسیار قوی)**

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ۸- تأثیرات غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر (تأثیرات بسیار ضعیف تا بسیار قوی)**

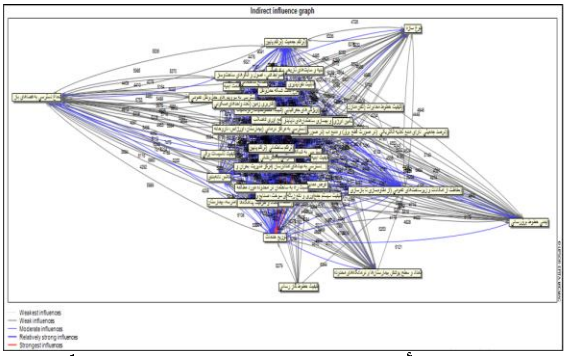
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ۹- تأثیرات غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر**

**(تأثیرات ضعیف تا بسیار قوی)**

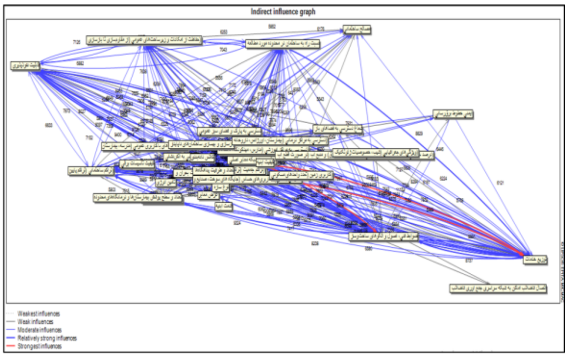
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ۱۰- تأثیرات غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر**

**(تأثیرات میانه یا متوسط-نسبتاً ضعیف تا نسبتاً قوی)**

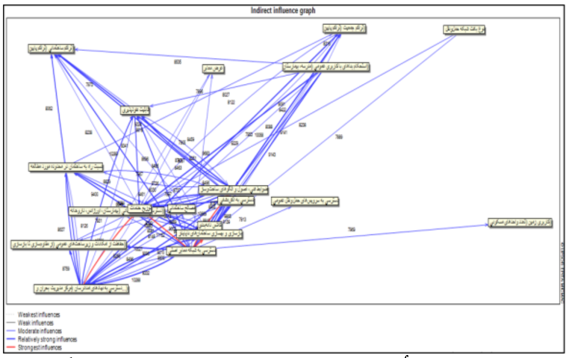
منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ۱۱- تأثیرات غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر**

**(تأثیرات قوی تا بسیار قوی)**

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.




**شکل ۱۲- تأثیرات غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر**

**(تأثیرات بسیار قوی)**

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.

**٤-٣- رتبه‌بندی متغیرها بر اساس تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر یکدیگر به تفکیک تأثیرپذیری و تأثیرگذاری**

در این مرحله پس از ارزیابی وضعیت سیستم به لحاظ پایداری و ناپایداری و تعیین تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها، به رتبه‌بندی میزان این تأثیرات پرداخته می‌شود تا درنهایت مؤلفه‌های کلیدی افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر تهران در برابر زلزله که حکم پیشران‌های کلیدی را دارند، استخراج گردند. جدول زیر رتبه‌بندی تأثیرات متغیرها را بر یکدیگر نشان می‌دهد:

**جدول ٥- رتبه‌بندی میزان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر**

| رتبه | متغیر | تأثیرگذاری مستقیم | متغیر | تأثیرپذیری مستقیم | متغیر | تأثیرگذاری غیرمستقیم | متغیر | تأثیرپذیری غیرمستقیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | معابر اصلی | ٤٠٤ | توزیع خدم | ٣٩٩ | معابر اصلی | ٣٩٦ | توزیع خدم | ٣٧٧ |
| ٢ | امدادرسان | ٣٩٩ | ضوابط فنی | ٣٩٠ | امدادرسان | ٣٨٤ | ضوابط فنی | ٣٧٠ |
| ٣ | ضوابط فنی | ٣٧٢ | بازسازی و | ٣٨١ | ضوابط فنی | ٣٥٧ | بازسازی و | ٣٦٩ |
| ٤ | آتش‌نشانی | ٣٤١ | امدادرسان | ٣٥٠ | آتش‌نشانی | ٣٣٢ | تراکم ساخت | ٣٤٧ |
| ٥ | استحکام بن | ٣٣٦ | تراکم جمعی | ٣٤٥ | استحکام بن | ٣٢٨ | استحکام بن | ٣٤٧ |
| ٦ | توزیع خدمات | ٣١٨ | تراکم ساخت | ٣٤١ | بازسازی و | ٣٢٠ | تراکم جمعی | ٣٣٩ |
| ٧ | بازسازی و | ٣١٨ | حفاظت از ا | ٣٢٧ | توزیع خدم | ٣١٨ | قابلیت نف | ٣٢٦ |
| ٨ | کاربری زم | ٢٩٦ | قابلیت نف | ٣١٨ | نسبت راه | ٣١٠ | حفاظت از ا | ٣١٠ |
| ٩ | کلاس دانه | ٢٩٦ | آتش‌نشانی | ٢٩٢ | قابلیت نف | ٣٠٦ | نسبت راه | ٢٩٩ |
| ١٠ | حفاظت از ا | ٢٩٢ | معابر اصلی | ٢٩٢ | کلاس دانه | ٢٩٩ | آتش‌نشانی | ٢٩٧ |
| ١١ | نسبت راه | ٢٩٢ | نسبت راه | ٢٩٢ | درمانی | ٢٩١ | معابر اصلی | ٢٩٧ |
| ١٢ | قابلیت نف | ٢٨٧ | عرض معابر | ٢٨٣ | نوع بافت | ٢٨٩ | عرض معابر | ٢٧٨ |
| ١٣ | درمانی | ٢٨٣ | مصالح ساخت | ٢٧٨ | حفاظت از ا | ٢٨١ | درمانی | ٢٧٢ |
| ١٤ | نوع بافت | ٢٧٨ | کاربری زم | ٢٧٤ | کاربری زم | ٢٧٨ | مصالح ساخت | ٢٧٢ |
| ١٥ | تراکم جمعی | ٢٦٩ | کیفیت ابنی | ٢٦٥ | تراکم جمعی | ٢٧٧ | کاربری زم | ٢٦٩ |
| ١٦ | تراکم ساخت | ٢٦٩ | تأمین انرژ | ٢٦٠ | عرض معابر | ٢٧٦ | حمل و نقل | ٢٦٦ |
| ١٧ | آموزشی | ٢٦٥ | درمانی | ٢٥٦ | آموزشی | ٢٧٥ | تعداد و ظ | ٢٥٨ |
| ١٨ | فضای سبز ع | ٢٦٠ | حمل و نقل | ٢٥٦ | تراکم ساخت | ٢٧١ | کلاس دانه | ٢٥٨ |
| ١٩ | عرض معابر | ٢٥٦ | تعداد و ظ | ٢٥٦ | فضای سبز ع | ٢٦٨ | تأمین انرژ | ٢٥٦ |
| ٢٠ | حمل و نقل | ٢٥١ | کاربری حس | ٢٥١ | حمل و نقل | ٢٥٨ | کیفیت ابنی | ٢٥٥ |
| ٢١ | خطوط برق | ٢٢٤ | کلاس دانه | ٢٥١ | تعداد و ظ | ٢٢٨ | شعاع دستر | ٢٥١ |
| ٢٢ | تعداد و ظ | ٢٢٠ | شعاع دستر | ٢٤٢ | تعداد بیما | ٢٢٤ | آموزشی | ٢٤٤ |
| ٢٣ | کاربری حس | ٢١٥ | آموزشی | ٢٣٣ | کاربری حس | ٢٢٤ | کاربری حس | ٢٤٤ |
| ٢٤ | تاسیسات بر | ٢١١ | خطوط برق | ٢٢٤ | شعاع دستر | ٢١٨ | نوع سازه | ٢٣٤ |

| رتبه | متغیر | تأثیرگذاری مستقیم | متغیر | تأثیرپذیری مستقیم | متغیر | تأثیرگذاری غیرمستقیم | متغیر | تأثیرپذیری غیرمستقیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۵ | تعداد بیما | ۲۱۱ | نوع سازه | ۲۲٤ | خطوط برق | ۲۱۸ | استحکام بن | ۲۲٤ |
| ۲٦ | نوع سازه | ۲۱۱ | قدمت ابنیه | ۲۲۰ | ویژگی جغ | ۲۰٦ | فضای سبز ع | ۲۱۸ |
| ۲۷ | ویژگی جغ | ۲۱۱ | فضای سبز ع | ۲۱۱ | تاسیسات بر | ۲۰٦ | خطوط برق | ۲۱۷ |
| ۲۸ | کیفیت ابنی | ۲۰٦ | استحکام بن | ۲۰٦ | نوع سازه | ۲۰۵ | قدمت ابنیه | ۲۰۸ |
| ۲۹ | شعاع دستر | ۲۰٦ | اتصال فاضل | ۲۰٦ | کیفیت ابنی | ۱۹۹ | اتصال فاضل | ۲۰٤ |
| ۳۰ | اتصال فاضل | ۱۹۳ | درصد جمعی | ۲۰۲ | اتصال فاضل | ۱۸۷ | نوع بافت | ۲۰٤ |
| ۳۱ | تأمین انرژ | ۱۸۸ | نوع بافت | ۱۹۷ | خطوط گاز | ۱۸٦ | تعداد بیما | ۱۹۹ |
| ۳۲ | خطوط گاز | ۱۸٤ | تعداد بیما | ۱۹۳ | خطوط مخابر | ۱۷۸ | درصد جمعی | ۱۹۷ |
| ۳۳ | قدمت ابنیه | ۱۸٤ | ویژگی جغ | ۱۸٤ | قدمت ابنیه | ۱۷۷ | دفع زباله | ۱۷٤ |
| ۳٤ | خطوط مخابر | ۱۷۵ | دفع زباله | ۱۷۰ | تأمین انرژ | ۱۷۷ | ویژگی جغ | ۱۷۳ |
| ۳۵ | مصالح ساخت | ۱۷۰ | تاسیسات بر | ۱٦٦ | مصالح ساخت | ۱٦۳ | تاسیسات بر | ۱٦٦ |
| ۳٦ | درصد جمعی | ۱۷۰ | خطوط مخابر | ۱٤۸ | ابنیه و س | ۱٦۳ | خطوط مخابر | ۱٤٦ |
| ۳۷ | ابنیه و س | ۱٦۱ | خطوط گاز | ۱٤۸ | درصد جمعی | ۱۵٦ | خطوط گاز | ۱٤٤ |
| ۳۸ | دفع زباله | ۱٤۸ | ابنیه و س | ۱۳۹ | دفع زباله | ۱٤۷ | ابنیه و س | ۱٤٤ |
| ۳۹ | مالکیت ساخ | ۱٤۳ | مالکیت ساخ | ۱۰۷ | مالکیت ساخ | ۱٤۳ | مالکیت ساخ | ۱۱۱ |
| ٤۰ | درصد جمعی | ۱۳۹ | آب آشامیدن | ۱۰۳ | درصد جمعی | ۱۳۸ | درصد جمعی | ۱۰۷ |
| ٤۱ | آب آشامیدن | ۱۳۰ | درصد جمعی | ۱۰۳ | آب آشامیدن | ۱۲۱ | آب آشامیدن | ۱۰٦ |

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.

### ٤-٤- تبیین عوامل کلیدی مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، برای شناسایی عوامل اولیه مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله، با استفاده از روش دلفی از نظرات خبرگان و متخصصین استفاده گردید. با بررسی پرسشنامه‌های دریافتی از این جامعه آماری، در مجموع ٤۱ عامل در حوزه مختلف (قابلیت دسترسی، کیفیت زیرساخت‌های شهری، تراکم‌ها، شبکه حمل‌ونقل و ارتباطات، اسکان اضطراری، مکان‌های حیاتی، زیرساخت‌های فناوری و اطلاعات، زیرساخت‌های سلامت و بهداشت، مشخصات ابنیه، عملکردی، بافت و مورفولوژی شهری، استانداردها و ضوابط شهری و تأمین انرژی) استخراج شدند. در ادامه به تحلیل کلی محیط سیستم پرداخته شد و میزان تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم این عوامل بر یکدیگر و مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله بررسی گردید. درنهایت از مجموع ٤۱ عامل اولیه تأثیرگذار، ۱۱ عامل به‌عنوان متغیرهای کلیدی مؤثر بر روند آینده سیستم انتخاب شدند که همه این متغیرهای کلیدی در هر دو روش تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم تکرار شده‌اند (جدول ٦).

**جدول ٦- متغیرهای (عوامل) کلیدی مؤثر بر روند آینده برنامه‌ریزی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله**

| ردیف | پیشران‌های کلیدی (مستقیم و غیرمستقیم) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | متغیر | بعد | تأثیرگذاری مستقیم | تأثیرگذاری غیرمستقیم |
| ۱ | دسترسی به شبکه معابر اصلی | قابلیت دسترسی | ٤۰٤ | ۲۹۷ |
| ۲ | دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکز مدیریت بحران و...) | قابلیت دسترسی | ۳۹۹ | ۳٤۷ |
| ۳ | ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز | استانداردها و ضوابط شهری | ۳۷۲ | ۳۷۰ |
| ٤ | دسترسی به آتش‌نشانی | قابلیت دسترسی | ۳٤۱ | ۲۹۷ |
| ٥ | استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان) | کیفیت زیرساخت‌های شهری | ۳۳٦ | ۲۲٤ |
| ٦ | توزیع خدمات | کیفیت زیرساخت‌های شهری | ۳۱۸ | ۳۳۷ |
| ۷ | بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار | استانداردها و ضوابط شهری | ۳۱۸ | ۳٦۹ |
| ۸ | کاربری زمین (تعدد واحدهای مسکونی) | بافت و مورفولوژی شهری | ۲۹٦ | ۲٦۹ |
| ۹ | کلاس دانه‌بندی | بافت و مورفولوژی شهری | ۲۹٦ | ۲٥۸ |
| ۱۰ | حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاوم‌سازی تا بازسازی) | کیفیت زیرساخت‌های شهری | ۲۹۲ | ۳۱۰ |
| ۱۱ | نسبت راه به ساختمان در محدوده موردمطالعه | شبکه حمل‌ونقل و ارتباطات | ۲۹۲ | ۲۹۹ |

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.

### ٥- نتیجه‌گیری

مطالعات و تجارب گوناگون نشان داده است که افزایش تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌ها در برابر مخاطرات طبیعی، مؤثرترین و بهترین راهکار در جهت کاهش خسارات در شهرها و روستاهاست. بر این اساس شناسایی و تبیین عواملی که منجر به افزایش تاب‌آوری کالبدی می‌شود، از مهم‌ترین اقدامات در سکونتگاه‌های شهری مانند منطقه ۱۰ تهران که آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطرات طبیعی دارند، به‌حساب می‌آید. در این پژوهش، متغیرها و شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی استخراج شده بر اساس مرور ادبیات و مبانی نظری، با بهره‌گیری از روش تحلیل تأثیرات متقابل یا به عبارتی تحلیل ساختاری با هدف شناسایی عوامل تأثیرگذار، تأثیرپذیر و کلیدی در محیط میک‌مک بررسی و تحلیل شده‌اند. تحلیل‌ها نشان‌دهنده آن است که الگوی پراکندگی متغیرهای مؤثر بر روند آینده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۰ تهران در مقابله با زلزله ناپایدار است. نوآوری پژوهش حاضر در این است که در اغلب پژوهش‌های صورت گرفته، عوامل کلیدی مؤثر بر افزایش تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌ها با رویکرد آینده‌نگارانه بررسی نشده و در واقع بیشتر به ارزیابی وضعیت فعلی تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری و روستایی توجه شده است، درصورتی‌که در پژوهش حاضر عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر از یکدیگر، بررسی شده‌اند و بایستی با توجه به این مجموعه از روابط، برنامه‌ریزی بر اساس عواملی انجام شود که بهترین و مؤثرین پیامدها را به دنبال داشته باشد. نتایج

تحقیق نشان می‌دهد از بین ٤١ متغیر، ١١ عامل در تاب‌آوری کالبدی منطقه ١٠ تهران در مقابله با زلزله اثر کلیدی دارند. دسترسی به شبکه معابر اصلی، دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکز مدیریت بحران و...)، ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز، دسترسی به آتش‌نشانی، استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، توزیع خدمات، بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار، کاربری زمین (تعداد واحدهای مسکونی)، کلاس دانه‌بندی، حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاوم‌سازی تا بازسازی) و نسبت راه به ساختمان در محدوده موردمطالعه، عوامل کلیدی مؤثر بر روند آینده برنامه‌ریزی تاب‌آوری کالبدی منطقه ١٠ تهران در مقابله با زلزله هستند. عوامل کلیدی ازنظر عملکرد سیستمی نقش تأثیرگذاری بالا و تأثیرپذیری اندک را در محیط سیستم با هدف تاب‌آوری ایفاء می‌کنند. به عبارتی عوامل کلیدی تبیین شده در پژوهش حاضر، هم قابل کنترل بوده و هم بر پویایی و تغییر سیستم تأثیرگذار هستند. این عوامل در واقع به‌عنوان بازیگران اصلی مؤثر بر افزایش تاب‌آوری کالبدی منطقه ١٠ تهران در برابر زلزله ایفای نقش می‌کنند؛ بنابراین نهادها و سازمان‌های دخیل و مرتبط با موضوع پژوهش ازجمله شهرداری تهران، سازمان حفاظت محیط‌زیست، جمعیت هلال‌احمر تهران، سازمان نظام‌مهندسی ساختمان، سازمان پدافند غیرعامل کشور و... می‌توانند با تمرکز و تأکید بر این عوامل در برنامه‌ریزی‌ها، گامی مثبت در جهت کاهش اثرات مخرب زلزله چه قبل از وقوع و چه پس از وقوع بردارند و زمینه را برای تاب‌آور ساختن بافت‌های فرسوده و ناکارآمد تهران فراهم سازند. در پایان بر اساس یافته‌های پژوهش، اقدامات زیر به‌عنوان تصمیمات مؤثر در جهت افزایش تاب‌آوری کالبدی منطقه ١٠ تهران پیشنهاد می‌گردد:

- کاهش سطح اشغال اراضی مسکونی منطقه و هدایت و باز توزیع مازاد جمعیت به سایر مناطق مستعد توسعه؛
- افزایش استحکام بناها و نفوذپذیری به بافت به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری منطقه در مقابل خطرات تخریب و اثرات جانبی زلزله؛
- ارتقاء کیفیت مدیریت محلی در منطقه (بازنگری تقسیمات داخلی منطقه، تدارک ابزارهای مداخله در امور، ظرفیت‌سازی تخصصی در مدیریت شهری)؛
- تخصیص بخش‌هایی از پادگان جی در غرب منطقه به فضاهای سبز و خدمات شهری بر اساس طرح جامع تهران و تبدیل این مرکز به عنصر شاخص در ساختار کالبدی منطقه؛
- گسترش و پوشش مناسب شبکه معابر به‌ویژه در جنوب منطقه و ساماندهی سلسله‌مراتب شبکه راه در کل منطقه؛
- ارتقاء کیفیت محیط‌زیست منطقه از طریق افزایش سطح فضای سبز و باز و ایمن‌سازی تأسیسات آب، برق، گاز و مخابرات در بافت فرسوده؛
- اعمال سیاست‌ها و ضوابط تحدیدی ساخت‌وساز در منطقه به‌منظور تجمیع اراضی و درعین‌حال به رسمیت شناختن حقوق مکتسبه؛

- ساماندهی نظام حرکتی منطقه از طریق جلوگیری از شکل‌گیری راسته‌ها و کانون‌های فعالیتی در امتداد معابر شریانی؛
- بالا بردن ظرفیت انعطاف‌پذیری و نفوذپذیری تأسیسات منطقه و تجهیزات امداد و نجات در کنار توجه به تغییر کالبد؛
- سازگار ساختن بافت شرقی منطقه با بافت مجاور (ساختمان‌های پروژه نواب) از طریق بهسازی و نوسازی بافت‌های فرسوده؛
- ممنوع کردن پارک حاشیه‌ای در سراسر و دو طرف خیابان‌های شریانی منطقه و احداث پارکینگ‌های عمومی مناسب (هم‌سطح یا طبقاتی) در محدوده خیابان‌های مذکور؛
- اصلاح مسیر و تعریض خیابان‌های جمع‌وپخش کننده منطقه بر اساس طرح جامع تهران؛
- مدیریت دسترسی سواره عمومی به خیابان‌های جمع‌وپخش‌کننده و محلی جهت کنترل ورود ترافیک عبوری به آن‌ها به‌ویژه در خیابان‌های آذربایجان، ارومیه، هاشمی و مرتضوی؛
- به حداقل رساندن گسیختگی فضای بین محلات از طریق ساماندهی و نوسازی حریم بزرگراه یادگار امام (ره)؛
- ساماندهی حریم ایستگاه مترو نواب با هدف روان‌سازی نظام حرکتی منطقه و کاهش ترافیک محدوده؛
- ساماندهی به دسترسی‌های منشعب به خیابان امام خمینی (ره) به‌عنوان اصلی‌ترین خیابان شریانی منطقه از طریق طرح تعریض؛
- نوسازی بافت اطراف محور قزوین از طریق تغییر عملکرد بافت و تأمین معوض مسکونی برای نوسازی بافت‌های فرسوده داخل منطقه.

## کتابنامه


پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت‌اله؛ ابدالی، یعقوب؛ اله‌قلی‌پور، سارا؛ ۱۳۹۸. تحلیل معیارهای تاب‌آوری در بافت فرسوده شهری در برابر زلزله با تأکید بر تاب‌آوری. *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*. شماره ۳۶. صص ۱-۲۱.

پورمحمدی، محمدرضا؛ هادی، هادی، الهام و هادی، الناز؛ ۱۳۹۸. تبیین ابعاد اجتماعی- اقتصادی تاب‌آوری شهری در برابر زلزله مطالعه موردی: منطقه ٤ شهر تبریز. *مجله دانش پیشگیری و مدیریت بحران*. شماره ۱. صص ۷۸-۸۹.

داداش‌پور، هاشم؛ عادلی، زینب؛ ۱۳۹٤. سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعه شهری قزوین. *دو فصلنامه علمی ـ پژوهشی مدیریت بحران*. دوره ٤. شماره ۲. صص ۷۳-۸٤.

رضایی، محمدرضا؛ کاویان‌پور، گلشن؛ ۱۳۹۵. ارزیابی میزان تاب‌آوری اجتماعی و کالبدی- محیطی محلات شهری در مواجهه با سوانح طبیعی زلزله (مطالعه موردی: کلانشهر مشهد). *سومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی. صنایع و مدیریت شهری*. تهران. صص ۱-۱۰.

رفیعیان، مجتبی؛ مطوف، شریف؛ نقشی‌زادیان، ساناز؛ ۱۳۹۵. سنجش مؤلفه‌های اجتماعات تاب‌آور در فرایند مدیریت بحران شهری (منطقه ۱۷ شهرداری تهران). *مجله علمی پژوهشی صفه*. شماره ۵۵. صص ۱۱۱–۱۲٤.

رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ صادقلو، طاهره؛ ۱۳۹۷. *تاب‌آوری اجتماعات محلی در برابر مخاطرات محیطی*. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

ساسان‌پور، فرزانه؛ سلیمانی، محمد؛ ضیائیان، پرویز؛ دلفان‌آذری، زهرا؛ ۱۳۹٤. جایگاه محله در توسعه پایدار شهر (مطالعه موردی: محله‌های منطقه ۱۰ شهرداری تهران). *فصلنامه علمی-پژوهشی پژوهش‌های جغرافیایی انسانی*. دوره ٤۷. شماره ۱. صص ۱۵۹–۱۷٦.

سلطانی اصل، تورج؛ ادیبی سعدی‌نژاد، فاطمه؛ پوراحمد، احمد؛ سرور، رحیم؛ ۱۳۹۹. تحلیل ساختاری عوامل مؤثر بر وضعیت آینده تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیررسمی نمونه موردی: شهرک میان‌آباد اسلامشهر. *نشریه علمی پژوهشی شهر ایمن*. شماره ۱۰.

شاهیوندی، احمد؛ قاسمی، مسعود؛ راست‌قلم، نیلوفر؛ ۱۳۹۹. آینده‌نگاری تاب‌آوری مسکن در منطقه ۸ اصفهان با استفاده از روش تلفیقی سناریوپردازی و تحلیل اثرات متقاطع. *فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات ساختار و کارکرد شهری*. شماره ۲۲. صص ۱۳۱–۱۵۳.

صداقت رستمی، کبریا؛ اعتماد، گیتی؛ بیدرام، رسول؛ ملاذ، جعفر؛ ۱۳۹۰. تدوین شاخص‌های شناسایی بافت‌های ناکارآمد. *مجله علمی تخصصی برنامه‌ریزی فضایی*. شماره ۱. صص ۱۰۳–۱۲۰.

علیزاده، خدیجه؛ ۱۳۹٦. شیوه مناسب معرفی دفاتر خدمات نوسازی به ساکنان محلات بافت فرسوده. *نشریه اینترنتی سازمان نوسازی شهری تهران*. سال هشتم. شماره ٤۲. صص ۹۱–۹۷.

فیروزی، محمدعلی؛ محمدی ده‌چشمه، مصطفی؛ شمسایی زفرقندی، فتح‌اله؛ سعیدی، جعفر؛ ۱۳۹۹. شناسایی پیشران‌های مؤثر بر تاب‌آوری شهرهای مرزی (مطالعه موردی: شهر آبادان). *نشریه بین‌المللی جغرافیا*. سال هجدهم. شماره ٦٦. صص ۷۳–۹۱.

محمدی، علیرضا؛ پاشازاده، اصغر؛ ۱۳۹٦. سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر وقوع زلزله مطالعه موردی: شهر اردبیل. *نشریه پژوهش‌های دانش زمین*. شماره ۳۰. صص ۱۱۲–۱۲٦.

مفیدی، محمدرضا؛ ۱۳۹۸. *سوانح و مجتمع‌های زیستی "مدیریت، برنامه‌ریزی و طراحی بهینه در مراحل پیش، حین و پس از سانحه"*. چاپ اول. تهران: انتشارات آذر و سیمای دانش.

مهندسان مشاور بوم‌سازگان؛ ۱۳۸۵. گزارش طرح جامع (راهبردی- ساختاری) شهر تهران.

مولایی، محمد مهدی؛ ۱۳۹۳. مقایسه الگوهای سازماندهی روش‌ها و تکنیک‌های آینده‌پژوهی. *نخستین کنفرانس ملی آینده‌پژوهی و مدیریت و توسعه*. شیراز.

Aldrich, D. P., & Meyer, M. A. 2015. “Social capital and community resilience”. American Behavioral Scientist. Vol 59. No 2. pp 254-269.

Alexander, D. 2011. Resilience against earthquakes: some practical suggestions for planners

and managers. Journal of Seismology and Earthquake Engineering, 13(2), 109.
Béné ,C., Newsham, A., Davies, M., Ulrichs, M., & Godfrey- Wood, R. J. J. o. I. D. 2014. Resilience poverty and development. 26(5), 598-623.
Cutter, S. L. 2015. The Landscape of Disas ter Resilience Indicators in the USA. Nat Hazards, 80, 741–758.
Feofilovs, M., & Romagnoli, F. 2020. Assessment of Urban Resilience to Natural Disasters with a System Dynamics Tool: Case Study of Latvian Municipality, Journal of Environmental and Climate Technologies, vol. 24, no. 3, pp. 249–264.
Gonçalves, L. A. P. J., & Ribeiro, P. J. G. 2020. Resilience of urban transportation systems. Concept, characteristics, and methods. Journal of Transport Geography, 102727.
Gordon, T., & Pease, A., 2006. "RT-Delphi: An Efficient, "Round-less" Almost Real Time Delphi Method", Technological Forecasting and Social Change, Volume 73, Issue 4.
Kanno, Y. Fujita, S. & Ben-Haim, Y. 2017, Structural design for earthquake resilience: Info-gap management of uncertainty, Journal of Structural Safety, Volume 69, 23-33.
Klein, R.J.T., Nicholls, J., & Thomalla, F. 2004. Resilience to natural hazards: How useful is this concept?", Environmental Hazards, No. (5), 35–45.
Koren, D. & Rus, K. 2019. The Potential of Open Space for Enhancing Urban Seismic Resilience: A literature Review, Journal of Sustainability 11(21):5942.
Mayunga, J. S. 2007, "Understanding and applying the concept of community disaster resilience: A capital-based approach", A Draft Working Paper Prepared for the Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building, 22- 28.
Mileti, D.S. 1999, Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States, Joseph Henry, Washington, DC.
Norris, F. H. et al. 2008. Community Resilience as a Metaphor, Theory, Set of Capacities and Strategy for Disaster. American Journal of Community Psychology, 41 (1 & 2).
Vigdor Gordon, A. Rohrbeck, R., & Schwarz, J. 2019. Escaping the 'Faster Horses' Trap: Bridging Strategic Foresight and Design-Based Innovation, Journal of Technology Innovation Management Review. Vol 9, Issue 8, 30-42.
Zhang, Xi. & Li, H. 2019. Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know?, International Journal of Cities, Volume 72, Part A, Pages 141-148.